

612.41302X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): DURET, et al.
Serial No.: Not assigned
Filed: March 19, 2002
Title: METHOD AND DEVICE FOR NEUTRALIZING, BY
CONTROLLED GAS INJECTION, THE FORMATION OF
LIQUID SLUGS AT THE FOOT OF A RISER CONNECTED
TO A MULTIPHASE FLUID TRANSPORT PIPE
Group: Not assigned



LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

March 19, 2002


Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the
applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on
French Application No.(s) 0103727 filed March 19, 2001.

A certified copy of said French Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP


Alan E. Schiavelli
Registration No. 32,087

AES/amr
Attachment
(703) 312-6600

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 07 FEV. 2002

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



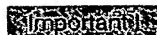
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2



Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08540 W / 190600

REMISE DES PIÈCES DATE <u>10.03.01</u> LIEU <u>93</u> N° D'ENREGISTREMENT 0103727 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 19 MARS 2001 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE 1 et 4 avenue de Bois Préau 92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX	
Vos références pour ce dossier (facultatif) JC/CLN			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date ____/____/____ N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) METHODE ET DISPOSITIF POUR NEUTRALISER PAR INJECTION CONTROLEE DE GAZ, LA FORMATION DE BOUCHONS DE LIQUIDE AU PIED D'UN RISER SE RACCORDANT A UNE CONDUITE D'ACHEMINEMENT DE FLUIDES POLYPHASIQUES			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE	
Prénoms			
Forme juridique		Organisme Professionnel	
N° SIREN		
Code APE-NAF		
Adresse	Rue	1 et 4 avenue de Bois Préau	
	Code postal et ville	92852	Rueil-Malmaison cedex
Pays		France	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		01 47 52 60 00	
N° de télécopie (facultatif)		01 47 52 70 03	
Adresse électronique (facultatif)			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 19.03.01 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0103727 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		JC/CLN	
6 MANDATAIRE			
Nom		ELMALEH	
Prénom		Alfred	
Cabinet ou Société		INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	1 et 4 avenue de Bois Préau	
	Code postal et ville	92852	Rueil-Malmaison cedex
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 47 52 60 00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 47 52 70 03	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Alfred ELMALEH, Chef du Département Brevets (N° 422-5/PP.253)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. MARTIN	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention concerne une méthode et un dispositif de neutralisation par injection contrôlée de gaz, de bouchons ou accumulations de liquide au pied d'une portion de conduite fortement inclinée par rapport à l'horizontale ou riser se
5 raccordant à une conduite d'acheminement de fluides polyphasiques en circulation, par injection contrôlée de gaz, tels que des hydrocarbures.

Etat de la technique

Afin de rendre les gisements en eaux profondes ou les champs marginaux suffisamment rentables, les compagnies pétrolières doivent développer de nouvelles
10 techniques d'exploitation, les plus économiques possible. Ainsi, il s'avère plus avantageux de transporter directement le mélange diphasique, constitué de liquide (huile et un peu d'eau) et de gaz, dans une seule conduite ou pipeline vers une plateforme de traitement en eaux peu profondes ou même vers des installations terrestres, pour y être séparé. On utilise à cet effet une portion de conduite fortement inclinée
15 par rapport à l'horizontale (souvent proche de la verticale) dite « riser » par les spécialistes, qui se raccorde à la conduite en eaux profondes. Cependant, le gaz et le liquide étant transportés ensemble, des phénomènes d'instabilité dans les écoulements peuvent se produire dans la zone de raccordement avec le riser qui entraînent de graves problèmes d'exploitation.

20 En particulier, lorsque les débits de gaz et de liquide à l'entrée sont faibles, la phase liquide s'accumule dans les points bas du pipeline et bloque le passage du gaz. La pression en amont augmente et finit par expulser le bouchon de liquide vers un autre point bas, voire jusque dans le séparateur de phase situé à la sortie. Ces phénomènes d'accumulation peuvent diminuer la productivité et remplir de liquide
25 des conduites destinées à recevoir du gaz. L'un d'eux, qui est plus connu parmi les spécialistes sous le nom de « severe slugging » a donné lieu à de nombreuses études soit expérimentales au moyen de boucles d'essai soit par simulation par des logiciels

de simulation tels que par exemple le code de simulation TACITE qui a fait l'objet notamment des brevets ou demandes de brevet suivants : US 5 550 761, FR 2.756.044 (US 6 028 992) et FR 2 756 045 (US 5 960 187), FR 00/08 200 et FR 00/09 889 du demandeur.

5 Ce phénomène de formation de bouchons va être décrit ci-après dans le cas simple illustré aux Fig. où l'on considère seulement une conduite faiblement inclinée et une colonne ou « riser » terminée par un séparateur destiné à séparer la phase liquide de la phase gazeuse.

10 Le liquide s'accumule dans le point bas de la conduite et tend à bloquer le passage du gaz. Celui-ci est comprimé jusqu'au moment où la pression en amont dépasse la pression due au poids du liquide accumulé. Un long bouchon de liquide est alors poussé par le gaz en expansion. Sous de telles conditions, on observe un phénomène alternatif où le liquide bloque la phase gazeuse, puis s'évacue sous la pression du gaz et finalement s'accumule pour bloquer à nouveau le gaz.

15 Le processus périodique est donc, plus précisément, le suivant :

 Etape I : le liquide s'accumule au pied du riser et bloque le passage du gaz. La pression monte ;

 Etape II : le niveau supérieur du liquide ayant atteint le sommet du riser, la phase liquide se déverse dans le séparateur ;

20 Etape III : la poche de gaz atteint le pied du riser et pénètre à l'intérieur du riser. Le bouchon se déverse dans le séparateur avec une vitesse beaucoup plus importante. la poche de gaz « explose » dans le riser ;

 Etape IV : lorsque la poche de gaz atteint le sommet du riser, la pression au pied de la colonne est minimale. Le liquide retombe le long de la paroi du riser. Il
25 s'accumule à nouveau au pied du riser et un nouveau cycle commence.

Une technique connue des spécialistes sous le nom de « gas lift » permet de remédier à ce phénomène. Elle consiste essentiellement à injecter en permanente du gaz à la base du riser pour empêcher l'accumulation de liquide en bas de la colonne. A défaut de bien contrôler le phénomène, on est conduit à injecter le plus souvent de
5 grandes quantités de gaz, ce qui rend nécessaire l'utilisation de moyens de compression importants. De plus, l'injection de grandes quantités de gaz modifie sensiblement le rapport volumétrique du gaz au liquide (GOR), ce qui complique les opérations de séparation des phases en haut du « riser ».

La méthode selon l'invention

10 La méthode selon l'invention a pour objet, par le biais d'une modélisation des phénomènes d'instabilité évoqués ci-dessus, d'exercer un contrôle dynamique efficace sur la pression du gaz à injecter dans des conduites de façon à réduire au mieux ces phénomènes.

La méthode selon l'invention permet de neutraliser par injection contrôlée de
15 gaz, la formation de bouchons ou accumulations de liquide au pied d'une portion de conduite fortement inclinée par rapport à l'horizontale ou riser se raccordant à une conduite d'acheminement de fluides polyphasiques en circulation. Ce contrôle est exercé essentiellement en injectant à la base du riser un volume de gaz sensiblement proportionnel à la variation en fonction du temps du débit massique de la phase
20 gazeuse des fluides en circulation, et de préférence sensiblement égal, quand cette variation est positive.

Suivant un autre mode de mise en œuvre, on réalise le contrôle en modulant aussi le volume de gaz injecté d'une quantité proportionnelle à la variation du débit massique de la phase liquide des fluides en circulation, mesurée également au même
25 pas de temps.

L'injection est réalisée à un instant t quelconque, d'après la variation en fonction du temps du débit massique de la phase gazeuse des fluides en circulation, mesurée à un pas de temps précédent.

Le dispositif de mise en œuvre permet de neutraliser par injection contrôlée de gaz, la formation de bouchons ou accumulations de liquide au pied d'une portion de conduite fortement incliné par rapport à l'horizontale ou riser se raccordant à une conduite d'acheminement de fluides polyphasiques en circulation. Il comporte des moyens d'injection de gaz connectés à la base du riser, des moyens de mesure du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, et un calculateur pour commander l'injection par les moyens d'injection, d'un volume de gaz sensiblement proportionnel à la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, quand cette variation est positive.

Le calculateur est adapté par exemple à commander l'injection, par les moyens d'injection, d'un volume de gaz sensiblement égal à la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comporte également des moyens de mesure du débit de la phase liquide en circulation dans la conduite, le calculateur étant adapté à moduler le volume de gaz injecté d'une quantité proportionnelle à la variation du débit mesuré de la phase liquide.

20 **Brève description des figures**

- la Fig.1 montre schématiquement un pipeline faiblement incliné se raccordant à un riser très fortement incliné par rapport à l'horizontale ;
- la Fig.2 montre schématiquement un écoulement stationnaire avec pénétration continue de gaz dans un séparateur gaz-liquide à l'extrémité supérieure d'un riser ;

- la Fig.3 montre schématiquement la formation d'un bouchon de liquide au pied du riser ;
- la Fig.4 montre le stade où le bouchon de liquide atteint le séparateur en haut du riser ;
- 5 - la Fig.5 montre schématiquement la poche de gaz pénétrant dans le liquide accumulé dans le riser ;
- la Fig.6 montre le stade ultérieur où le liquide retombe vers la base du riser ;
- la Fig.7 montre la courbe de pression dans le pipeline au pied du riser durant le cycle précédent ;
- 10 - les Fig.8A à 8E montrent schématiquement et respectivement, dans un riser, un mode d'écoulement dit à bulles (8A), un mode d'écoulement dit intermittent (8B), un mode d'écoulement dit bouillonnant (8C), un mode d'écoulement dit annulaire (8D) et un mode d'écoulement dit annulaire à brins (8E) ;
- les Fig. 9A à 9G montrent schématiquement et respectivement, dans un pipeline,
15 un mode d'écoulement dit stratifié (9A), un mode d'écoulement dit stratifié à vagues (9B), un mode d'écoulement dit annulaire à gouttelettes (9C), un mode d'écoulement dit dispersé à bulles (9D), un mode d'écoulement dit intermittent (9E), un mode d'écoulement dit à petites poches (9F), et, un mode d'écoulement dit à bulles allongées (9G) ;
- 20 - la Fig. 10 montre un exemple d'évolution de la pression au pied d'un riser de 14 m de haut, sans aucun contrôle par injection de gaz ;
- les Fig.11A, 11B montrent respectivement les variations du débit de liquide et de gaz en sortie de riser, également sans contrôle ;
- les Fig.12 et 13A, 13B correspondent aux Fig.10 et 11A, 11B pour un riser de
25 250m de haut ;

- la Fig 14 montre l'évolution de la fraction volumique de liquide en sortie de riser sans contrôle ;
- la Fig.15, montre respectivement un exemple de variation de la pression au pied du riser de 14m de hauteur avant l'injection de gaz et la stabilisation obtenue par l'injection contrôlée en accord avec la méthode (à partir de 500s) ;
- les Fig.16A et 16B montrent respectivement dans le même riser les courbes de variation en fonction du temps du débit liquide et du débit gazeux, avant d'exercer le contrôle et après (à partir de 500s également) ;
- la Fig 17 montrent dans un riser de 250 m de haut, les courbes de variation en fonction du temps de la pression au pied du riser, sans contrôle (traits ou points en gras) et avec contrôle (traits pointillés) ;
- les Fig 18A, 18B montrent respectivement, dans le même riser, les courbes de variation en fonction du temps de la pression de liquide et de gaz, sans contrôle (traits ou points en gras) et avec contrôle (traits pointillés) ;
- la Fig.19 montre les évolutions comparées de la pression au pied d'un riser de 14 m avec contrôle de la pression d'injection en fonction de q_G et q_L (traits pleins) et seulement en fonction de q_G (traits pointillés) ;
- les Fig.20A, 20B montrent respectivement, dans le même riser, les courbes de variation en fonction du temps du débit de liquide et de gaz avec contrôle de la pression d'injection en fonction de q_G et q_L (traits pointillés) et seulement en fonction de q_G (traits pleins) ;
- la Fig. 21 montrent dans un riser de 250 m de haut, les courbes de variation en fonction du temps de la pression au pied du riser avec contrôle de la pression d'injection en fonction de q_G et q_L (traits pointillés) et seulement en fonction de q_G (traits pleins) ;

- les Fig. 22A, 22B montrent respectivement, dans le même riser, les courbes de variation en fonction du temps de la pression de liquide et de gaz, avec contrôle de la pression d'injection en fonction de q_G et q_L (traits pointillés) et seulement en fonction de q_G (traits pleins) ;
- 5 - les Fig.23A, 23B montrent respectivement les variations respectives en fonction du temps du débit de liquide et du débit de gaz en sortie de riser ; et
- la Fig.24 montre schématiquement un mode de réalisation du dispositif de mise en œuvre permettant de neutraliser la formation de bouchons.

DESCRIPTION DETAILLEE

10 I-1 Mise en place de la modélisation

La modélisation des phénomènes d'écoulement dans le système formé de la conduite et du riser de la figure 1 est obtenue en faisant les hypothèses suivantes.

On se place dans une approximation mono dimensionnelle où l'on considère les moyennes des différentes grandeurs sur une section transversale (droite) du pipeline ou du riser. Comme cette approximation n'est acceptable si l'on suppose le
15 rayon de courbure du pipeline infini et son diamètre constant, la modélisation va porter sur les parties de part et d'autre du coude de raccordement.

On utilise une modélisation du type flux de dérive, où l'on a une équation de conservation de la masse par phase et où les équations de conservation des quantités
20 de mouvement du liquide et du gaz sont additionnées en une seule et unique équation dite équation de conservation de la quantité de mouvement du mélange. Pour fermer ce système, on va choisir une relation traduisant une loi de glissement entre les phases.

Nous faisons également les hypothèses classiques suivantes : l'écoulement est
25 isotherme, les fluides sont newtoniens, le gaz est un gaz parfait, le liquide est

incompressible (donc sa masse volumique est constante) et il n'y a aucun transfert de masse entre les deux phases.

On considère que le nombre de Mach du mélange est petit de sorte que les ondes de pression se propagent avec une vitesse infinie au lieu d'une vitesse proche de la vitesse du son dans le mélange. Les phénomènes à hautes fréquences sont
5 supprimés mais les ondes de taux de vide continuent de se propager avec une vitesse proche de celle du mélange. Cette hypothèse est renforcée par le fait que nous étudions le système « en transition » vers l'état d'obstruction ou état perturbé, c'est-à-dire au voisinage du stationnaire. Cette hypothèse se traduit dans la modélisation par
10 l'absence des termes d'inertie dans l'équation de conservation de la quantité de mouvement.

I-2 Choix des grandeurs fondamentales

On définit les quantités suivantes :

- R_G et R_L sont les fractions volumiques de gaz et de liquide dans les canalisations.
- 15 q_G et q_L sont les débits massiques de gaz et de liquide par unité de section.
- V_G et V_L sont les vitesses du gaz et du liquide.
- ρ_G et ρ_L sont les masses volumiques du gaz et du liquide.
- P désigne la pression moyenne du mélange.

Toutes ces grandeurs sont des fonctions de $R \times R$ (espace et temps), nulles sur
20 $R \times R_-^*$ et continues sur $R \times R_+^*$. Suivant le contexte, on précisera toujours si l'on se situe dans le pipeline ou dans le riser. Ainsi on travaillera au niveau du pipeline, dans $[0, L] \times R$ en écrivant les variables (x, t) , et au niveau du riser, dans $[-H, 0] \times R$ en écrivant les variables (z, t) .

Toutefois, si une équation est valable aussi bien dans le pipeline que dans le riser, on écrira formellement l'équation avec les variables $(x,t) \in [-H,L] \cup R_+$.

I-3 Etablissement des équations intrinsèques

5 Toutes ces grandeurs sont liées par des relations algébriques et différentielles qui ne dépendent pas de l'écoulement considéré (ces écoulements seront décrits dans la section suivante), c'est ce que nous appelons les équations intrinsèques. Les autres types d'équations, principalement les lois de glissement, seront étudiées dans la prochaine section.

I-3-1 Equations algébriques

10 Tout d'abord, exprimons les relations issues directement de la définition des grandeurs.

$$q_G = \rho_G R_G V_G \quad (\text{I.1})$$

$$q_L = \rho_L R_L V_L \quad (\text{I.2})$$

$$R_G + R_L = 1 \quad (\text{I.3})$$

15 L'équation des gaz parfaits permet d'établir entre la pression et la masse volumique de gaz, la relation suivante :

$$\rho_G(x,t) = \frac{P(x,t)}{a^2} \quad (\text{I.4})$$

En fait $a = \sqrt{\frac{R \times T}{M_g}}$ ou M_g est la masse molaire du gaz, T la température du

mélange et R la constante des gaz parfaits. a correspond à la vitesse du son dans le
20 gaz à 1 bar.

I.3.2 Equations différentielles

La conservation de la matière de chaque phase impose que :

$$\frac{\partial \rho_G R_G}{\partial t} + \frac{\partial q_G}{\partial x} = 0 \quad (I.5)$$

$$\frac{\partial \rho_L R_L}{\partial t} + \frac{\partial q_L}{\partial x} = 0 \quad (I.6)$$

- 5 La conservation de la quantité de mouvement suivant les hypothèses précédentes, impose que :

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -g \sin \theta (R_G \rho_G + R_L \rho_L) - F_p \quad (I.7)$$

où θ est l'inclinaison de la canalisation, g constante de pesanteur et F_p le frottement pariétal (frottement du flot contre la paroi).

- 10 A ces équations, on ajoute une équation de fermeture, sous forme d'une loi de glissement algébrique de la forme : $\Psi(P, R_G, V_G, V_L, \rho_L) = 0$

I.4 Loi de glissement

- 15 La loi de glissement Ψ choisie dépend du régime de l'écoulement. On peut considérer trois types d'écoulement : stratifié, dispersé à bulles (voire simplement à bulles) et intermittent. Tous les régimes sont illustrés dans les figures 8A à 8E et 9A à 9G. Pour notre étude, on considère le cas d'un écoulement intermittent dans le riser et stratifié dans le pipeline. On verra par la suite, compte tenu de simplifications possibles qu'aucune loi de glissement ne s'avère nécessaire pour le régime stratifié.

1.4.1 Régime intermittent

Ce régime provient d'une « superposition » entre un écoulement à bulles et un écoulement stratifié. Lorsque le débit de gaz augmente, les bulles se regroupent et entrent en coalescence. De grandes bulles en forme d'obus apparaissent. Elles sont
5 séparées par des bouchons de liquide qui en général contiennent de petites bulles de gaz.

Dans ces conditions, la loi de glissement en intermittent s'exprime :

$$V_G - C_0(R_G V_G + R_L V_L) - V_\infty = 0 \quad (\text{I.10})$$

d'où la fonction $\Psi_{\text{int}}(V_G, V_L, R_L, V_\infty)$.

10 De son côté, V_∞ est déterminée expérimentalement et est de la forme :

$$V_\infty = (0.35 \sin \theta + 0.54 \cos \theta) \sqrt{gD}$$

II ETUDE DU SYSTEME PIPELINE-RISER SANS FROTTEMENT

Dans cette partie, nous fixons $F_p = 0$ dans l'équation I.7 compte tenu que le riser est vertical et que l'on fait l'hypothèse que dans les perturbations d'écoulement
15 observées, les frottements influent peu par rapport à la gravité. La résolution des équations s'en trouve a priori simplifiée.

II.1 Etat stationnaire dans le riser

Dans le cas stationnaire, les différentes grandeurs ne dépendent que de l'espace ; elles seront écrites surlignées pour mettre en évidence que ce sont des
20 grandeurs stationnaires. De plus, toute fonction constante sera désormais notée à l'aide d'une étoile. Ainsi, par exemple, en stationnaire, les débits de liquide et de gaz \bar{q}_G et \bar{q}_L sont constants. Ils sont donc notés q_G^* et q_L^* . En outre, on appellera P_o la pression en haut du riser.

Ecoulement intermittent

L'équation de fermeture est donc donnée par I.10. En outre, comme précédemment, dans l'état stationnaire, les débits de gaz et de liquide étant constants, ils seront notés de la même manière.

5 La formulation implicite de \bar{P} en intermittent s'écrit :

$$g(\bar{P}(z)) = g(P_0) - z \quad (\text{II.15})$$

avec g donnée par la relation :

$$g : x \rightarrow \frac{a^2 q_G^* (C_0 (q_G^* + q_L^*) + \rho_L^* V_\infty)}{g(q_G^* + \rho_L^* V_\infty + C_0 q_L^*)^2} \ln \left[x - \frac{(1 - C_0) \rho_L^* a^2 q_G^*}{q_G^* + \rho_L^* V_\infty + C_0 q_L^*} \right] + \frac{\rho_L^* V_\infty + C_0 q_L^*}{g \rho_L^* (q_G^* + \rho_L^* V_\infty + C_0 q_L^*)} x$$

10 La pression est calculable sous forme implicite en régime stationnaire dans l'hypothèse du régime intermittent.

$\bar{P}(z)$ peut donc être supposée connue au moins numériquement. On peut alors exprimer toutes les autres grandeurs en fonction de $P(z)$ et de z . Pour les états transitoires, on supposera donc les grandeurs stationnaires connues.

15 II.2 Modèle stationnaire dans le pipeline

Nous avons a priori le choix des régimes. Cependant la pratique montre qu'il est plus rationnel de choisir le régime stratifié, ou à la limite intermittent, tout en sachant que le second est moins probable. La résolution du régime intermittent est analogue à celle de la section précédente en n'imposant pas $(\theta = \frac{\pi}{2})$ dans l'équation

20 1-7. Le système est une fois de plus intégrable. En prenant comme hypothèse que le régime dans le pipeline est stratifié, l'équation de fermeture est trop compliquée pour permettre une résolution des équations. De ce fait, nous ne faisons intervenir le pipeline que par l'effet qu'il a sur le riser, c'est-à-dire en mesurant les grandeurs

d'entrée du riser (débits, pression, fractions surfaciques) au lieu de les déterminer par rapport au calcul des grandeurs de sortie du pipeline. On remplace donc les calculs par des mesures d'entrée du riser.

II.3 Etude transitoire dans le riser dans le modeler linéaire tangent

- 5 Nous allons ci-après développer les calculs autour de l'état stationnaire et linéariser les équations intrinsèques au premier ordre pour résoudre simplement le système transitoire.

II.3.1 Invariant de Riemann

- L'introduction de cet invariant sert à faciliter la résolution pertinente des
10 équations en linéaire tangent. Il s'exprime sous la forme $k = \frac{\rho_G R_G}{1 - C_0 R_G}$ qui n'a pas de signification physique évidente. On a donc la relation suivante :

$$\forall (z, t) \in]-H, 0[\times R_+^*, \frac{\partial k}{\partial t} + V_G \frac{\partial k}{\partial z} = 0 \quad (\text{II.28})$$

La quantité k se transporte dans le riser, en régime intermittent, à la vitesse V_G .

- 15 Ainsi, la propriété de k nous permet d'affirmer que la propagation de k en régime intermittent s'exprime :

$$k(z, t) = k(-H, t - T(z)), \quad (\text{II.30})$$

$$\text{avec } T(z) = \int_{-H}^z \frac{1}{V_G} dx$$

- La quantité k à une altitude z du riser a la même valeur qu'en bas du riser
20 $T(z)$, une unité de temps α plus tôt.

Munis de cet invariant de Riemann, nous allons exprimer $P'(-H, t)$, qui est la variation de pression en bas du riser où débutent les perturbations, en fonction des débits d'entrée du riser. Ceci pourra nous permettre de concevoir un contrôle sur cette pression.

5 II.3.2 Loi d'entrée-sortie en transitoire, régime intermittent

Nous supposons ici que les valeurs des grandeurs stationnaires sont données (on connaît ces fonctions grâce à l'étude en mode stationnaire). En appliquant les techniques de linéarisation, nous pouvons établir le résultat suivant :

$$P'(z, t) = \bar{F}(z) \left[N_z * \left(\dot{q}_{G-H} - \frac{\bar{k}C_0}{\rho_L^*} \dot{q}_{L-H} \right) (t) + P'(-H, t) \right] \quad (\text{II.31})$$

10 où $N_z, \dot{q}_{G-H}, \dot{q}_{L-H}$ sont des fonctions de t issues respectivement de N, \dot{q}_G, \dot{q}_L où l'on a fixé la première variable respectivement à $z, -H$ et $-H$.

En effet, la linéarisation de l'équation I.7 donne :

$$\frac{\partial P'}{\partial z} = -g \left((\bar{\rho}_G - \rho_L^*) R'_G + \bar{R}_G \rho''_G \right) \quad (\text{II.32})$$

Nous allons remplacer R'_G par son expression en fonction de P' et k' . Pour
15 cela, notons que $k = \frac{\rho_G R_G}{(1 - C_0) R_G}$. En linéarisant cette relation, nous obtenons que

$$R'_G = \frac{k'(1 - C_0 \bar{R}_G) - \rho'_G \bar{R}_G}{\bar{\rho}_G + C_0 \bar{k}}. \text{ En remplaçant ensuite } R'_G \text{ dans II.32 par cette}$$

expression, on aboutit à l'équation différentielle suivante :

$$\frac{\partial P'}{\partial z}(z, t) + \frac{g \bar{R}_G (C_0 \bar{k} + \rho_L^*)}{a^2 (\bar{\rho}_G + C_0 \bar{k})} P'(z, t) = - \frac{g (\bar{\rho}_G - \rho_L^*) (1 - C_0 \bar{R}_G)}{\bar{\rho}_G + C_0 \bar{k}} k'(z, t) \quad (\text{II.33})$$

La propriété d'invariance de Riemann de k se prolonge pour k' sous les formes :

$$\frac{\partial k'}{\partial t} + \bar{V}_G \frac{\partial k'}{\partial z} = 0 \text{ et } k'(z, t) = k'(-H, t - \bar{T}(z)) \text{ avec } \bar{T}(z) = \int_{-H}^z \frac{1}{\bar{V}_G} dx$$

Grâce à ceci nous pouvons écrire :

$$\begin{aligned} & \frac{\partial P'}{\partial z}(z, t) + \frac{g\bar{R}_G(C_0\bar{k} + \rho^*_{*L})}{a^2(\bar{\rho}_G + C_0\bar{k})} P'(z, t) \\ &= -\frac{g(\bar{\rho}_G - \rho^*_{*L})(1 - C_0\bar{R}_G)}{\bar{\rho}_G + C_0\bar{k}} k'(-H, t - \bar{T}(z)) \end{aligned}$$

De plus, nous pouvons calculer k' en fonction des débits, et nous obtenons :

$$k' = \frac{\bar{k}}{\bar{q}_G} \left(q'_G - \frac{\bar{k}C_0}{\rho^*_{*L}} q'_{*L} \right)$$

En injectant cette relation dans II.33, cette équation devient :

$$\begin{aligned} & \frac{\partial P'}{\partial z}(z, t) + \frac{g\bar{R}_G(C_0\bar{k} + \rho^*_{*L})}{a^2(\bar{\rho}_G + C_0\bar{k})} P'(z, t) = \\ & -\frac{g(\bar{\rho}_G - \rho^*_{*L})(1 - C_0\bar{R}_G)}{\bar{\rho}_G + C_0\bar{k}} \frac{\bar{k}}{\bar{q}_G} \left(q'_G(-H, t - \bar{T}(z)) - \frac{\bar{k}C_0}{\rho^*_{*L}} q'_{*L}(-H, t - \bar{T}(z)) \right) \end{aligned}$$

10

II.34

On pose alors :

$$\bar{B}(z) = \frac{g\bar{R}_G(C_0\bar{k} + \rho^*_{*L})}{a^2(\bar{\rho}_G + C_0\bar{k})} \text{ et } \bar{C}(z) = -\frac{g(\bar{\rho}_G - \rho^*_{*L})(1 - C_0\bar{R}_G)}{\bar{\rho}_G + C_0\bar{k}} \frac{\bar{k}}{\bar{q}_G}$$

Ensuite, on intègre cette équation en utilisant la méthode de variation de la constante. On obtient alors :

$$\frac{1}{\exp \int_{-H}^z -\bar{B}(x)dx} P'(z, t) = P'(-H, t) + \int_{-H}^z \left[\bar{C}(x) \left(q'_{G}(-H, t - \bar{T}(z)) - \frac{\bar{k}C_0}{\rho^*_{L}} q'_{L}(-H, t - \bar{T}(z)) \right) \exp \int_{-H}^x \bar{B}(u)du \right] dx$$

Enfin on pose :

$$M(v) = \bar{C} \circ T^{-1}(v) e^{\int_0^{T^{-1}(v)} \bar{B}(u)du} \bar{V}_G \circ T^{-1}(v) \quad \text{et} \quad \bar{F}(z) = e^{\int_{-H}^z -\bar{B}(x)dx} \quad \text{alors}$$

$$5 \quad P'(z, t) = \bar{F}(z) \left(\int_0^{T(z)} M(v) \left(q'_{G}(-H, t - v) - \frac{\bar{k}C_0}{\rho^*_{L}} q'_{L}(-H, t - v) \right) dv + P'(-H, t) \right)$$

et si on pose $N(z, v) = 1_{[0, T(z)]}(v) M(v)$ alors :

$$P'(z, t) = \bar{F}(z) \left[N_z * \left(q'_{G-H} - \frac{\bar{k}C_0}{\rho^*_{L}} q'_{L-H} \right) (t) + P'(-H, t) \right], \quad \text{comme on l'a vu}$$

plus haut.

Dans ces relations,

- 10 q'_{G-H} , désigne la variation en fonction du temps du débit massique de la phase gazeuse dans le fluide polyphasique en circulation au pied du riser, i.e. à l'altitude $-H$ par rapport au sommet du riser ;

q'_{L-H} , la variation en fonction du temps, à la même altitude, du débit massique de la phase liquide dans le fluide polyphasique.

III Mise en place du contrôle d'injection de gaz

Le mode d'action choisi pour corriger les perturbations, est de contrôler la pression en bas du riser. En effet, si cette pression reste proche d'une valeur stationnaire, cela signifie que les bouchons ne se forment pas et donc que le gaz n'est
 5 jamais vraiment bloqué. L'action portera donc sur la pression $P(-H, t)$ en bas du riser.

III.1 Contrôle par gas lift

On suppose que la pression de sortie est fixée et donc que $P'_0 = 0$. Ainsi, la relation III-31 peut s'écrire :

$$10 \quad P'(-H, t) = - \left[N_0 * \left(q'_{G-H} - \frac{C_0 \bar{k}}{\rho \bar{L}} q'_{L-H} \right) \right] (t) \quad \text{III-42}$$

On voit immédiatement que si l'un des deux membres du produit de convolution est nul ou très petit, alors il en est de même pour $P'(-H, t)$. Or, N_0 ne peut pas être modifié. Reste la quantité $\left(q'_{G-H} - \frac{C_0 \bar{k}}{\rho \bar{L}} q'_{L-H} \right) (t)$, homogène à un débit, que l'on notera $Q(t)$.

15 Le principe du mode de contrôle selon l'invention va consister essentiellement, à intervalles d'action définis, à mesurer à un instant t_1 la quantité ci-dessus, pour obtenir une mesure $M(t_1)$, puis, à l'instant $t_1 + \Delta t$, à ajouter à $Q(t_1 + \Delta t)$, la quantité $u(t_1 + \Delta t) = -M(t_1)$ et ainsi de suite. On a ainsi $\forall i \geq 1$:

$$\begin{aligned} u(t_1 + i\Delta t) &= -M(t_1 + (i-1)\Delta t) \\ Q(t_1 + i\Delta t) &= u(t_1 + i\Delta t) + M(t_1 + i\Delta t) \end{aligned}$$

Bien sûr, quand $\Delta t \rightarrow 0$, cela revient à annuler le second terme du produit de convolution. Comme il n'est pas physiquement envisageable d'avoir une commande qui aspire le gaz dans un mélange diphasique, on utilise une commande telle que :

$$u(t_1 + i\Delta t) = \max(-M(t_1 + (i-1)\Delta t), 0).$$

5 **IV Validation des contrôles par injection de gaz**

Pour valider ce mode de contrôle, on a utilisé le code TACITE précité qui simule les écoulements de la façon la plus précise et la plus réaliste possible.

Nous avons étudié deux cas de formation de bouchons, très différents, et testé sur eux notre mode de contrôle.

10 **IV.1 Remarques concernant les simulations**

Le logiciel TACITE utilise une méthode de type Volumes Finis pour simuler les écoulements dans les conduites et le pipeline est discrétisé par exemple selon la méthode de maillage décrite dans la demande de brevet FR EN 00/08200 du demandeur. Pour simuler l'injection de gaz en pied de riser, nous modifions le flux
 15 entre les deux mailles situées juste avant et juste après le coude, numérotées respectivement $n - 1$ et n . Nos simulations ont comme état initial le régime stationnaire. Le coefficient $\frac{C_0 \bar{k}}{\rho_L}$ est donc mesuré une fois pour toute à l'instant initial. Nous identifions les débits stationnaires aux débits d'entrée de pipeline, et nos débits en entrée de riser aux débits de la maille $n - 1$. Pour l'affichage des résultats,
 20 nous approximations le débit de gaz à injecter par la différence de débit entre les mailles n et $n - 1$.

IV.2 Simulations des différents cas non contrôlés

Les simulations effectuées en utilisant le code de simulation TACITE, se basent sur deux géométries où L représente la longueur de pipeline, H , la hauteur du riser et \varnothing , leur diamètre commun.

- 5 Cas 1 : $L = 60 \text{ m}$, $H = 14 \text{ m}$, $\varnothing = 5 \text{ cm}$,
 Cas 2 : $L = 1750 \text{ m}$, $H = 250 \text{ m}$, $\varnothing = 25 \text{ cm}$

Cas 1 : Riser de 14 m

Voici le cas que nous avons pris pour référence :

- 10 $P_0 = 1 \text{ bar}$, $Q_L = 2.10^{-2} \text{ kg/s}$ et $Q_G = 2.10^{-4} \text{ kg/s}$. Ce cas présente des oscillations marquées, avec une période d'oscillation autour de la minute. Le régime d'écoulement correspond à nos hypothèses : stratifié dans le pipeline et intermittent dans le riser.

- 15 Les oscillations du système (Fig.11A, 11B) ne sont pas assez importantes pour annuler complètement le débit de gaz en pied de riser ou pour que la surface libre du liquide descende en dessous du niveau de l'embouchure du riser. Nous ne sommes donc pas dans un cas de formation de bouchons très importants. Cette propriété permet de rester proches de notre hypothèse de linéarisé tangent, en étant toujours dans un régime d'écoulement peu éloigné du stationnaire. Nous restons donc pour tout t , dans la situation quasi-stationnaire de transition vers la formation de
 20 bouchons.

On distingue bien deux phases principales dans le cycle :

1. Une phase d'accumulation du liquide dans le riser, le débit de liquide est nul en sortie et la pression augmente ;
2. Une phase de production du bouchon de liquide où la pression
 25 diminue.

Cas 2 : Riser de 250 m

Les caractéristiques principales de ce cas sont les suivantes :

$P_0 = 10$ bar, $Q_L = 4$ kg/s et $Q_G = 0,5$ kg/s.

On est plus proche ici des conditions d'exploitation réelles d'un pipeline. En l'absence de tout contrôle, le système entre dans une phase de formation d'un bouchon de liquide. On constate que le débit de liquide en sortie passe par des phases d'expulsion déjà violentes, avant même la phase d'expulsion du bouchon et de chute de la pression. A la fin de la simulation, la pression a atteint un maximum, et le système se prépare à entrer en phase d'expulsion du bouchon de liquide. Le système n'est donc dans la phase de transition vers la formation de bouchons que dans les premiers instants, car la simulation prend pour point de départ le régime stationnaire.

Sur la Fig.14, on peut observer des cycles très rapides dans l'évolution de la fraction de liquide. C'est un signe de la grande instabilité de ce cas.

IV.3 Contrôle des deux cas

Le premier contrôle que nous allons examiner est le contrôle théorique trouvé dans le chapitre précédent. A la suite de nos observations, nous allons voir que l'on peut imaginer un autre contrôle, que nous testerons également.

IV.3.1 Essai du contrôle théorique

Nous introduisons ici un contrôle par le gaz lift, en injectant en pied de riser un débit de gaz de la forme :

$$u(t) = \max(0, (q'_{G-n} - \frac{C_0 \bar{k}}{\rho^* L} q'_{L-n})(t - \Delta t))$$

Cas 1 : Riser de 14 m

Nous commençons à contrôler un peu avant $t = 500$ s. Les graphiques des Fig.IV-16, Fig.IV-17 montrent en parallèle l'évolution du système libre (points épais) et celle du système contrôlé (pointillés fins). Ce contrôle parvient à maintenir la
 5 pression et les débits de sortie dans un voisinage de leur valeur stationnaire. La masse de gaz injectée est petite par rapport à ce qui provient du pipeline ; l'augmentation du débit de sortie due à l'injection de gaz est de moins de 5%.

Cas 2 : Riser de 250 m

Pour cette simulation, nous commençons le contrôle à partir de $t = 0$ s. Les
 10 graphiques des Fig.15 et Fig.16A,16B montrent en parallèle l'évolution du système libre (points épais) et celle du système contrôlé (pointillés fins). Les débits de gaz en présence du contrôle sont beaucoup plus réguliers que dans le cas précédent.

Le contrôle par injection de gaz en utilisant la formule théorique fonctionne donc dans les deux cas, bien qu'ils soient très différents.

15 IV.3.2 Contrôle simplifié

Comme on observe qu'il y a une forte corrélation entre les évolutions des débits de gaz et de liquide, et que l'on a presque toujours $\left| q'_{G-n} \right| > \left| \frac{C_0 \bar{k}}{\rho^*_L} q'_{L-n} \right|$, il est possible aussi de contrôler le système avec la commande simplifiée :

$$u(t) = \max(0, (q'_{G-n})(t - \Delta t))$$

20 Cas 1 : Riser de 14 m

Dans les graphiques des Fig.17, Fig.18A, 18B, le contrôle avec q_G et q_L est représenté en trait épais, tandis que le contrôle portant uniquement sur q_G est en pointillés fins. Le contrôle commence ici dès $t = 0$ s.

Le contrôle portant uniquement sur q_G donne des résultats pratiquement identiques à celui déjà testé, voire légèrement meilleurs en ce qui concerne les oscillations de la pression et la rapidité du contrôle.

Cas 2 : Riser de 250 m

5 Pour ce cas nettement plus instable, nous ne rencontrons pas (Fig.22A, 22B) d'oscillations rapides du débit de gaz avec le contrôle simplifié. Le système contrôlé avec q_G évolue avec une légère avance par rapport au même cas contrôlé avec l'expression complète.

10 On constate donc que le contrôle simplifié sans le coefficient en q_L , permet également de contrôler le système mais le contrôle théorique est meilleur cependant parce qu'il n'entraîne pas, contrairement au contrôle simplifié, de problème à la sortie du riser, et il est plus économique en gaz d'injection et le système est aussi bien contrôlé.

IV.3.3 Robustesse du contrôle

15 Nous testons la robustesse de notre contrôle théorique (q_G et q_L) par rapport au temps de réaction des capteurs et des actionneurs. Pour cela, nous comparons le contrôle obtenu plus haut en ajustant le débit de gaz à chaque pas de temps (pointillés épais) avec le contrôle obtenu en ajustant ces paramètres avec une fréquence plus faible (pointillés fins).

20 Cas 1 : Riser de 14 m

Ici, on réajuste le contrôle toutes les 3 secondes, ce qui correspond à 20 pas de temps de TACITE. Le contrôle commence ici des $t = 0$ s.

On voit sur les Fig.23A, 23B, que les débits sont un peu plus irréguliers, mais le système continue à être contrôlé.

Cas 2 : Riser de 250 m

Le système n'est pas stabilisé avec une constante de temps de deux secondes. Avec une constante de temps de 1 seconde, le système est stabilisé, mais on reste proche de l'ordre de grandeur du pas de calcul (environ 0,3 s pour ce cas). Il n'y a en
5 outre pratiquement pas de différence avec le cas où le contrôle est ajusté à chaque pas de temps.

Dans tous les cas on a un bon contrôle même si les débits oscillent très faiblement autour d'une valeur moyenne.

Le dispositif de mise en œuvre comporte (Fig.24) des moyens 1 d'injection
10 de gaz connectés à la base du riser, des moyens 2 de mesure du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, et un calculateur 3 pour commander l'injection, par les moyens d'injection 1, d'un volume de gaz proportionnel et de préférence sensiblement voisin de la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, quand cette variation est positive.

REVENDECATIONS

1) Méthode pour neutraliser par injection contrôlée de gaz, la formation de bouchons ou accumulations de liquide au pied d'une portion de conduite fortement
5 incliné par rapport à l'horizontale ou riser se raccordant à une conduite d'acheminement de fluides polyphasiques en circulation, caractérisée en ce que l'on injecte à la base du riser un volume de gaz sensiblement proportionnel à la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, quand cette variation est positive.

10 2) Méthode pour neutraliser par injection contrôlée de gaz, la formation de bouchons ou accumulations de liquide au pied d'une portion de conduite sensiblement verticale ou riser se raccordant à une conduite d'acheminement de fluides polyphasiques en circulation, caractérisée en ce que l'on injecte à la base du
15 riser un volume de gaz sensiblement égal à la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, quand cette variation est positive.

3) Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on module le dit volume de gaz injecté d'une quantité proportionnelle à la variation du débit de la phase liquide des fluides en circulation.

20 4) Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'on injecte à un instant t , la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, mesurée à un pas de temps précédent.

25 5) Dispositif pour neutraliser par injection contrôlée de gaz, la formation de bouchons ou accumulations de liquide au pied d'une portion de conduite fortement incliné par rapport à l'horizontale ou riser se raccordant à une conduite d'acheminement de fluides polyphasiques en circulation, caractérisée en ce qu'il comporte des moyens d'injection de gaz connectés à la base du riser, des moyens de

mesure du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, et un calculateur pour commander l'injection par les moyens d'injection d'un volume de gaz sensiblement proportionnel à la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation, quand cette variation est positive.

- 5 6) Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le calculateur est adapté à commander l'injection par les moyens d'injection d'un volume de gaz sensiblement égal à la variation en fonction du temps du débit de la phase gazeuse des fluides en circulation.

- 10 7) Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mesure du débit de la phase liquide en circulation dans la conduite, le calculateur étant adapté à moduler le volume de gaz injecté d'une quantité proportionnelle à la variation du débit mesuré de la phase liquide.

1/9

FIG.1

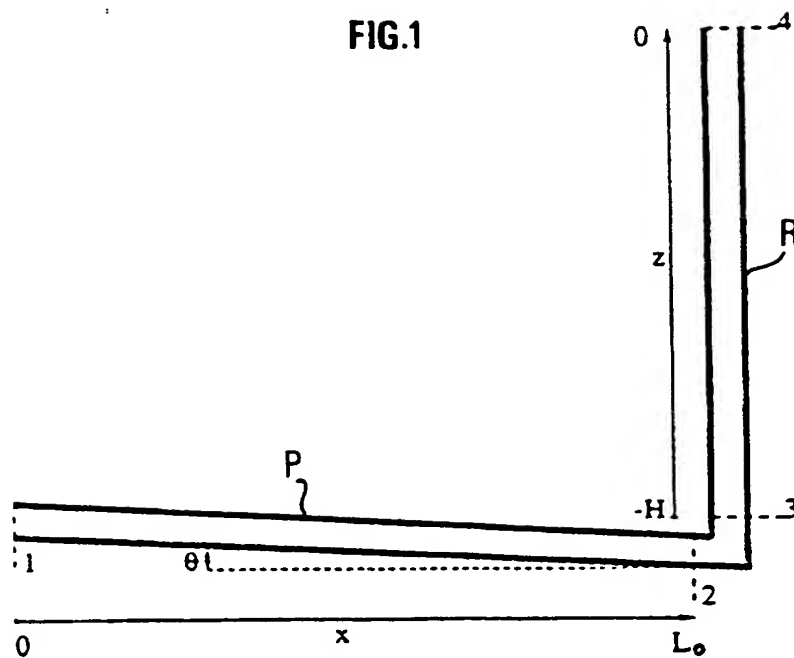


FIG.2

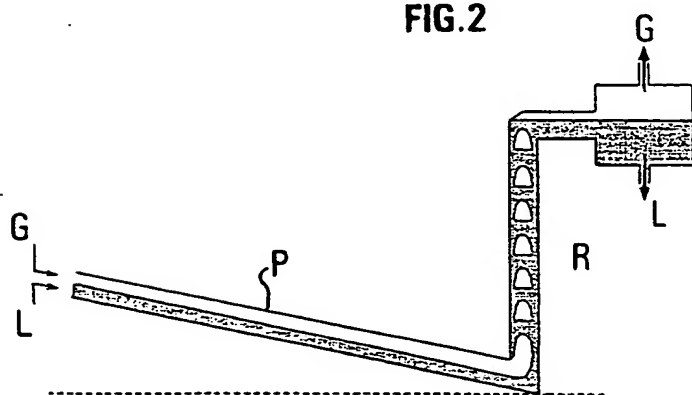
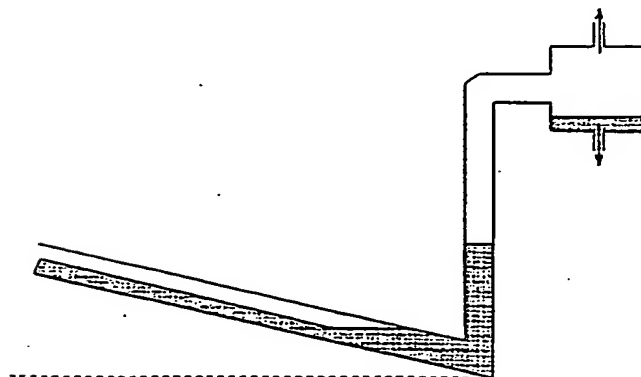


FIG.3



2/9

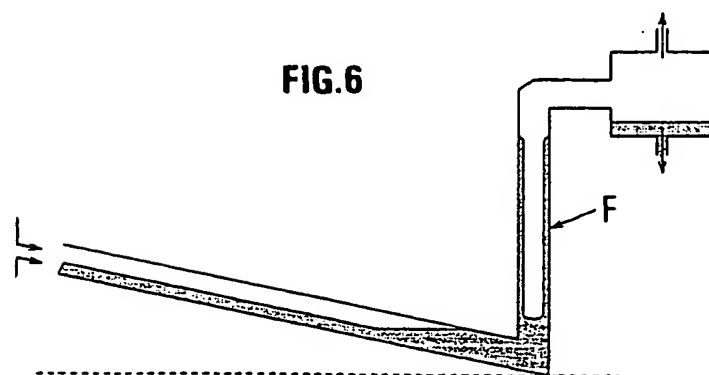
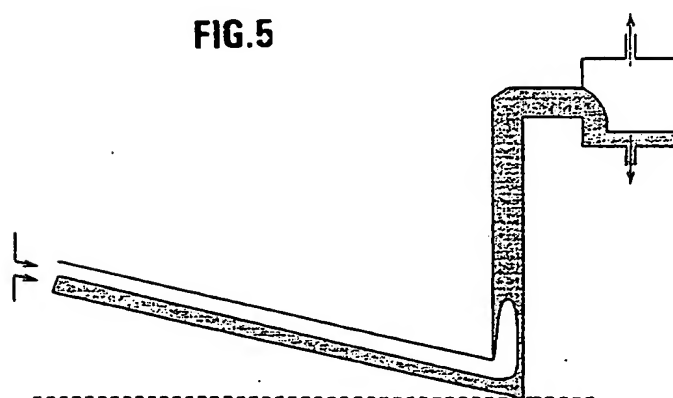
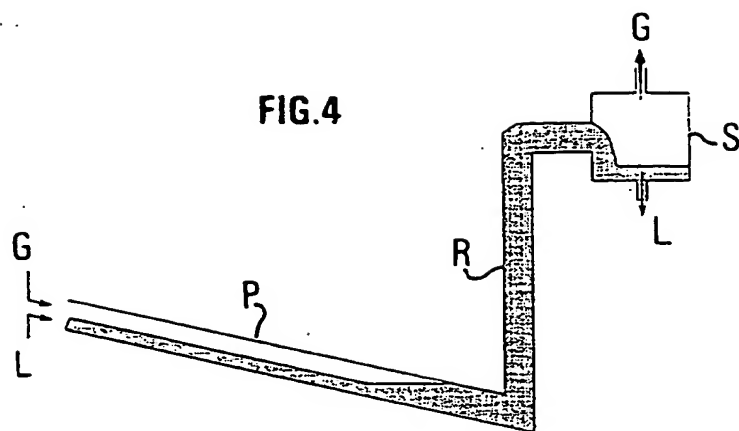


FIG.7

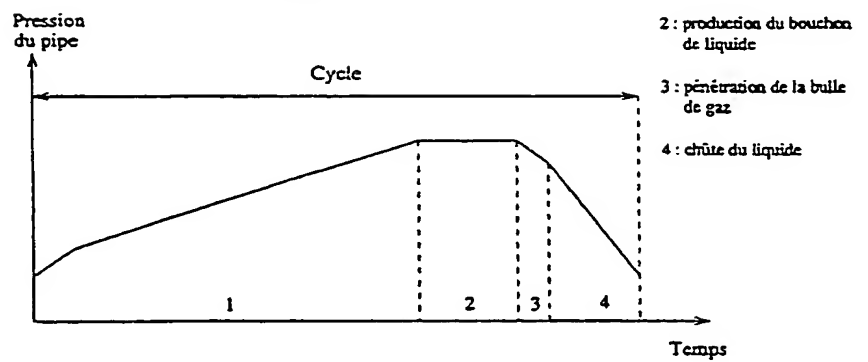


FIG.8A



FIG.8B



FIG.8C



FIG.8D



FIG.8E



FIG.9A



FIG.9E



FIG.9B



FIG.9F



FIG.9C



FIG.9G



FIG.9D



4/9

FIG.10

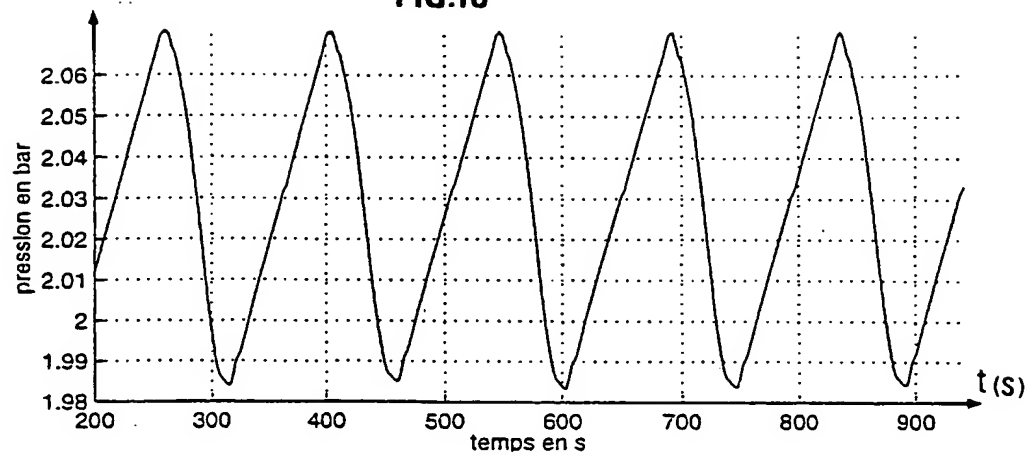


FIG.11A

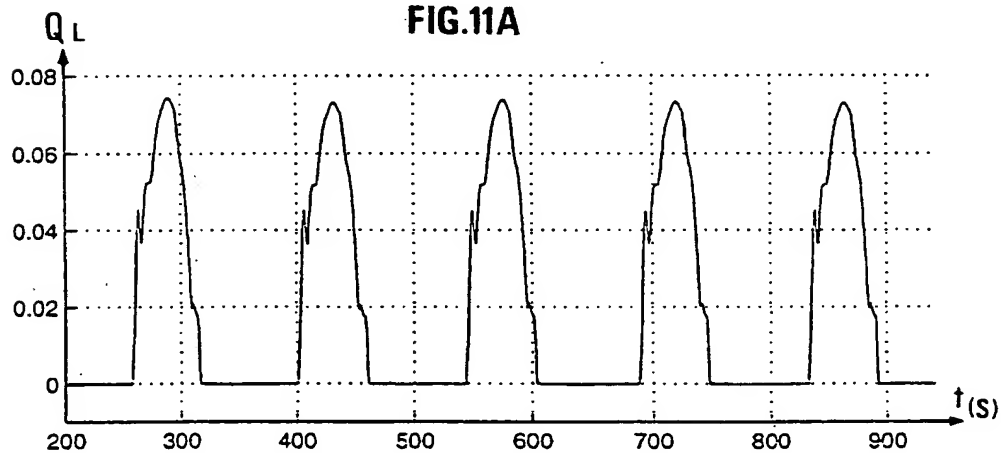


FIG.11B

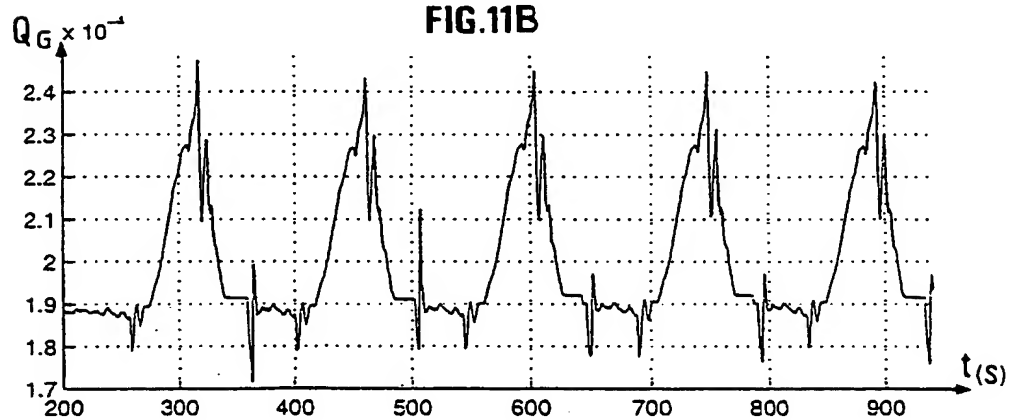


FIG.12

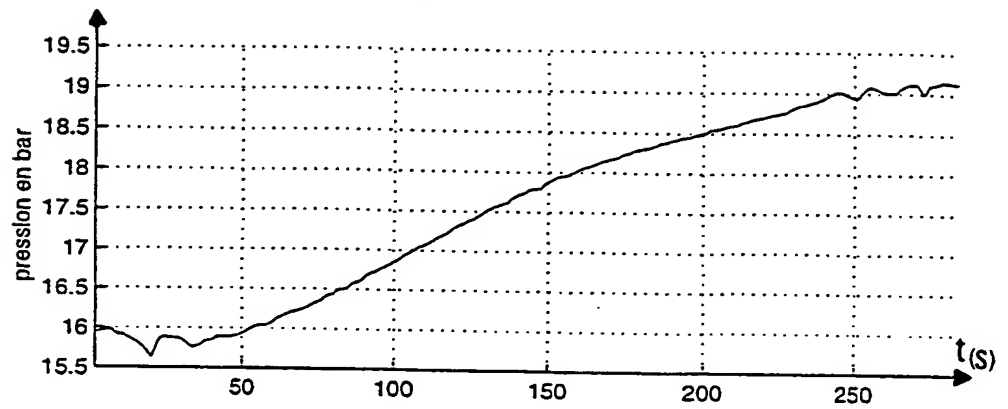


FIG.13A

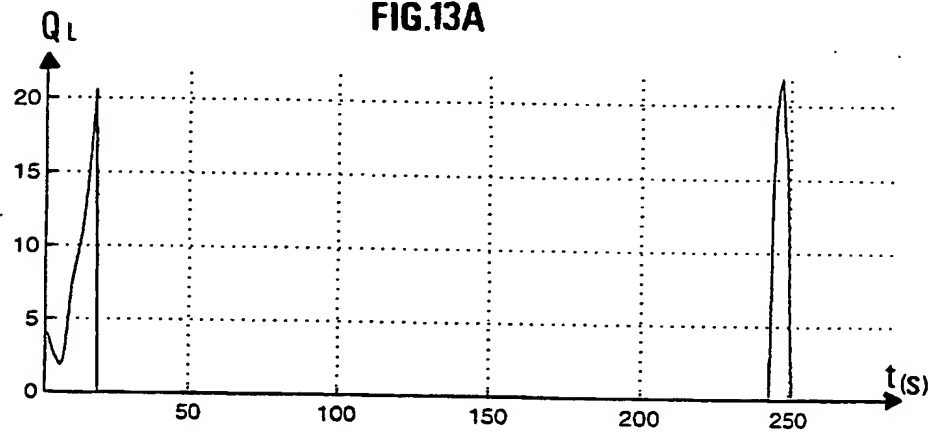
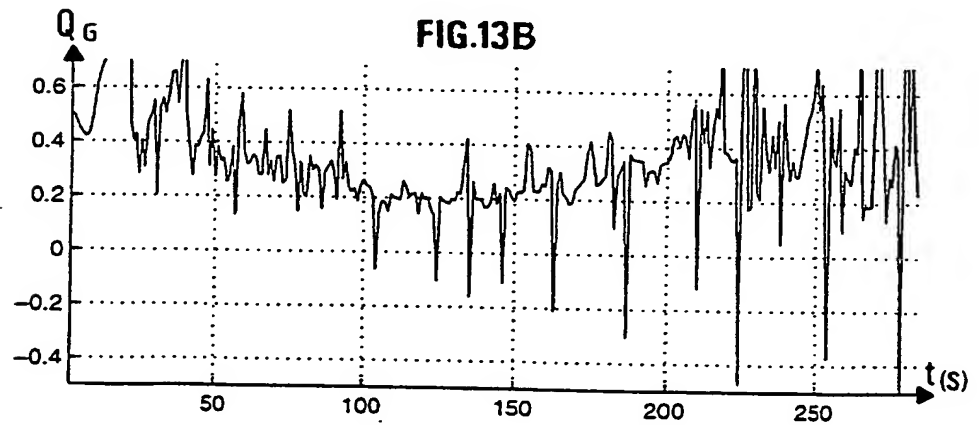


FIG.13B



6/9

FIG.14

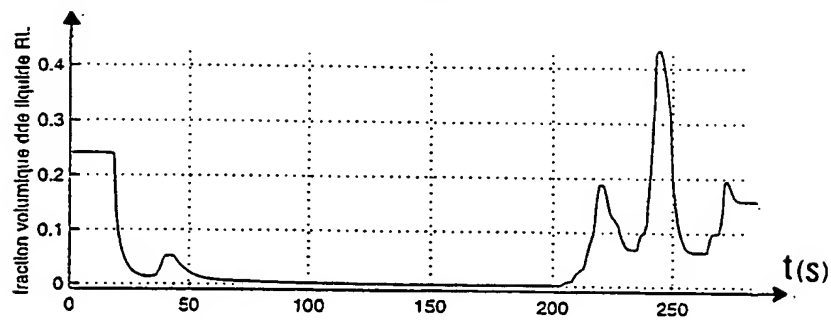


FIG.16A

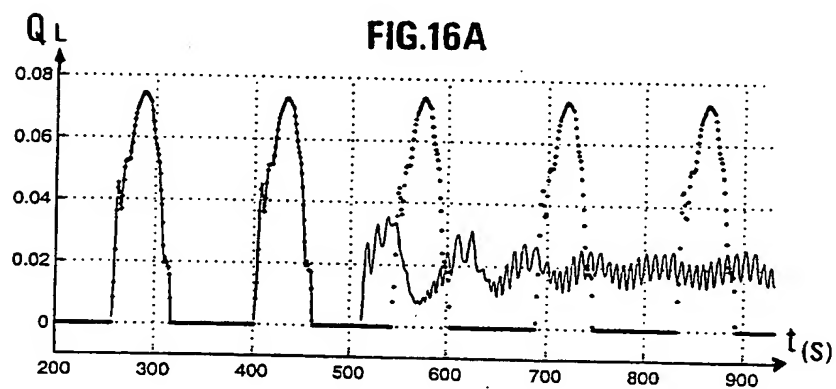


FIG.16B

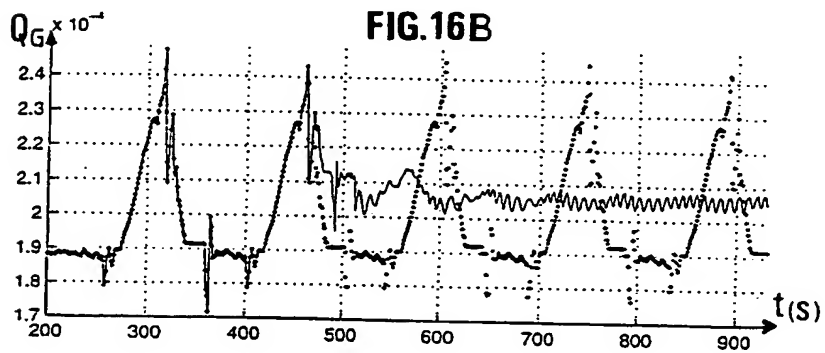
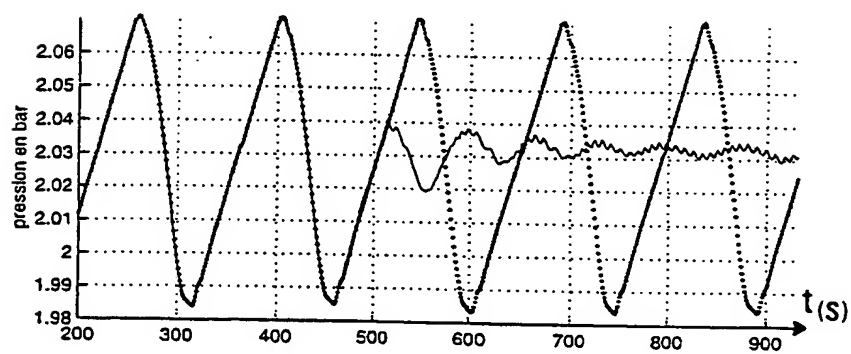


FIG.15



7/9

FIG.17

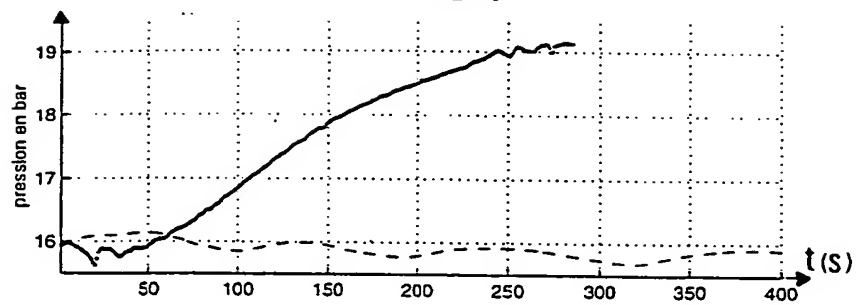


FIG.18A

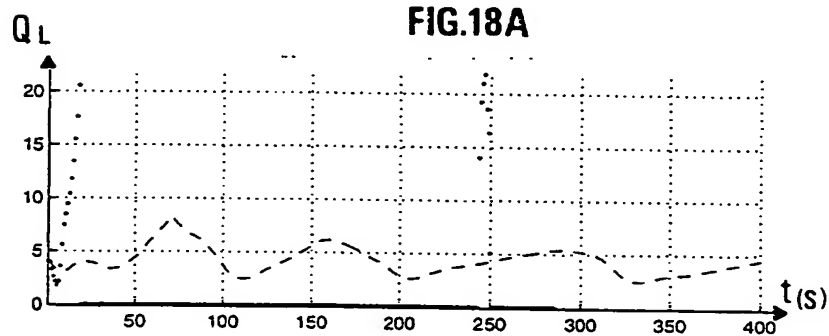


FIG.18B

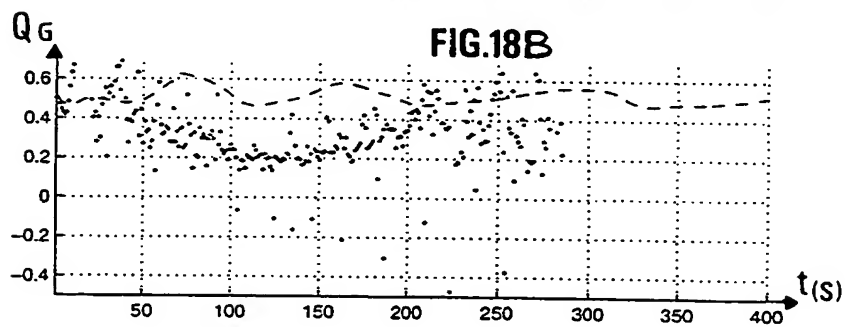
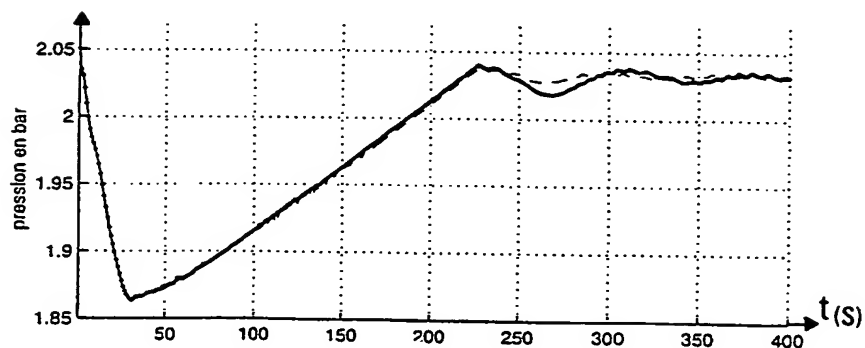
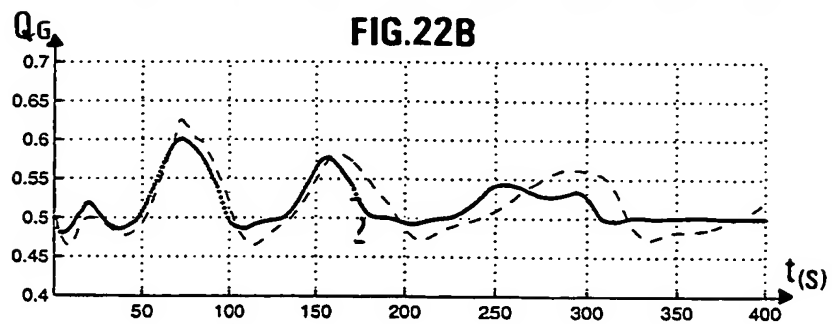
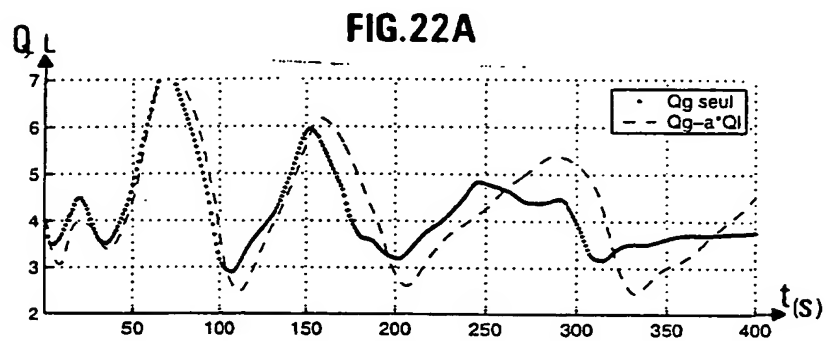
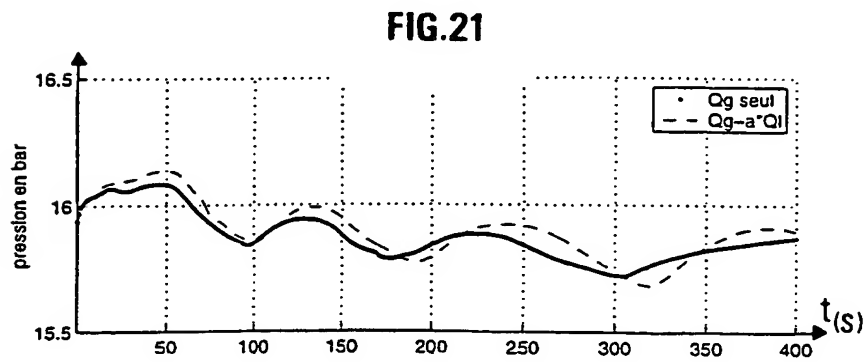
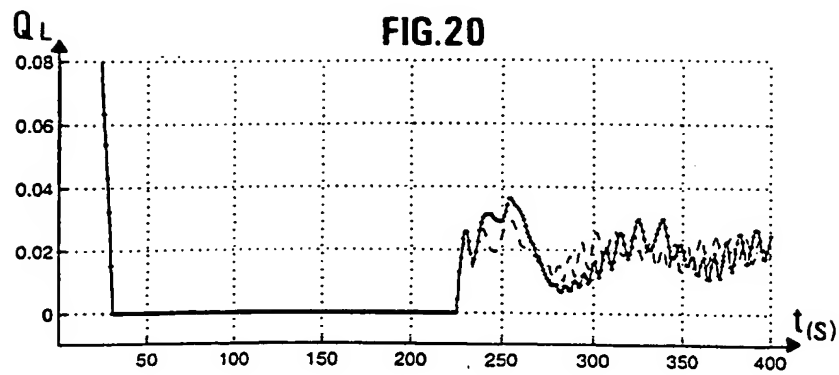
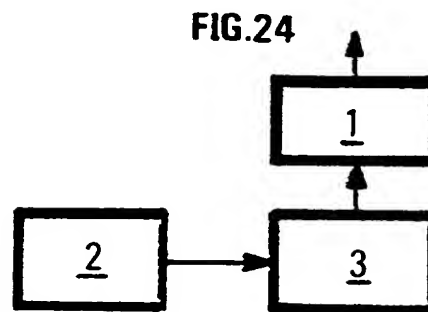
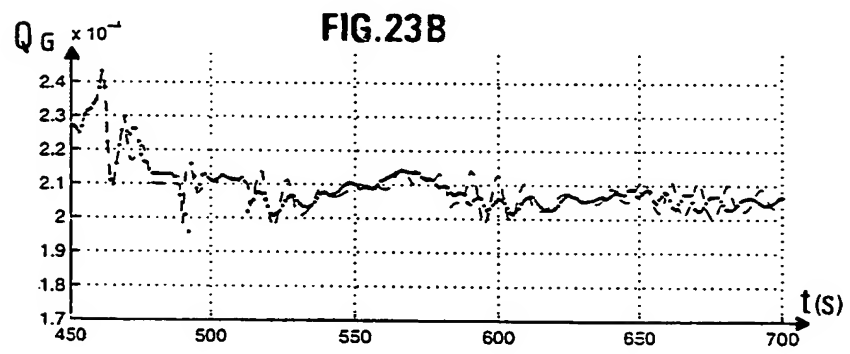
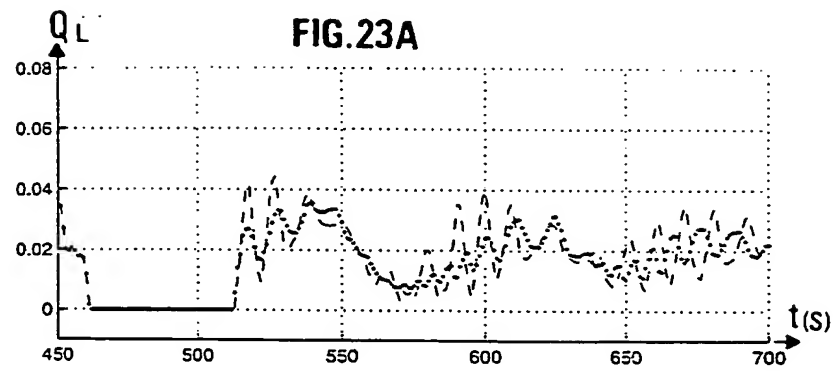


FIG.19



8/9





**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235°02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		JC/CLN	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		010372X	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) METHODE ET DISPOSITIF POUR NEUTRALISER PAR INJECTION CONTROLEE DE GAZ, LA FORMATION DE BOUCHONS DE LIQUIDE AU PIED D'UN RISER SE RACCORDANT A UNE CONDUITE D'ACHEMINEMENT DE FLUIDES POLYPHASIQUES			
LE(S) DEMANDEUR(S) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		DURET	
Prénoms		Emmanuel	
Adresse	Rue	8, rue Isabey	
	Code postal et ville	92500	Rueil-Malmaison
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		TRAN	
Prénoms		Quang-Huy	
Adresse	Rue	4, rue Henri Dunant	
	Code postal et ville	92500	Rueil-Malmaison
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Alfred ELMALEH, Chef du Département Brevets (N° 422-5/PP.253)			

THIS PAGE BLANK (USPTO)